

一 汚水発生機構と流出について

京都大学工学部 正会員 工博 末石昌太郎

京都大学工学部 正会員 工修 山田 淳

京都大学大学院 学生員 工修[○]松井三郎

1 概説 日々の生産活動, 生活一般から排出される汚水に視点を置いて現象を把握してみようとするれば, 「汚水流出現象」という表現をとりうる。それは汚水発生機構と汚水流出過程の二要素を含む現象と考えられる。従来の研究では, 下水道の場合汚水発生機構について検討されたことが少ない。実際には, 下水道計画, 管きょ処理場設計, 処理操作等に欠くことができない問題であるが, 従来から経験的・実験的な数値を基本にして設計・建設・管理等を行なっているにすぎない。しかし合流式下水道における雨天時下水の放流による水質汚濁や, 処理場流入水の水質変動はともなう処理操作制御等の問題を考えた場合, また分流式下水道で, たとえば管きょ設計・建設の合理性を要求する場合など, 下水道系統の総合的な管理制御の立場に立つと, 汚水発生機構の検討の必要性が生じてきている。そこで本研究は, 汚水発生機構と流出について, とくに汚水量の面から, 発生機構を確率統計的に取扱ひ, つぎに, いままで合流式下水道で晴天時汚水が流出する場合管きょ内では, 定常流の取扱ひがなされてきた点について, その非合理性を貯留関数式から指摘した。その結果汚水発生機構と流出との関係を解明するうえで重要な条件が示された。

2. 汚水発生機構の確率統計的取扱ひ 今回は, 汚水源として都市部の一般家庭を対象にして, その汚水の量的な発生機構を検討してみる。この場合は, 上水が転化して汚水が発生するものと考えているので, 量的把握を行なう時に, 水道使用量を基礎値とし地下水等の利用による発生汚水は除外する。また上水から下水に転化する場合にも, 時間的にみて貯留等の遅れ, あるいは, 上水が下水に転化せず系外排除される場合など考えられるが, そのような複雑な条件は考慮していない。下水道に排出される汚水の発生頻度は, 水道使用頻度と近似的に等しいとすれば, 1時間間隔の単位では二項分布で説明できる。汚水が発生している数がある確率は次式で表まる。

$$b(n; N; p) = \binom{N}{n} p^n q^{N-n} \quad (1)$$

N : 対象排水区域内の汚水発生源母集団 (=水道栓数)

n : 汚水を生じさせている数 (=水道使用栓数)

P : 一日の平均的な汚水発生確率, $q = 1 - P$

つぎに, 汚水発生量については, 近似的に水道使用量と等しいとすれば, 1時間間隔を単位とすると, 水道使用量と発生頻度との間に, 指数分布密度関数で表現できることが, 筆者らの研究でわかっている。

$$f(x) = \mu \exp(-\mu x) \quad (2)$$

$f(x)$: 汚水発生頻度 x : 汚水発生量階級 (10ℓを1単位の階級とすると)

μ : 指数分布の係数

(2)式をタタミ込むと, 次式のようなアーラン分布になる。

$$f(x) = \mu^n e^{-\mu x} x^{n-1} / (n-1)! \quad x \geq 0 \quad (3)$$

n は、タタミ込み回数、実際には、 μ は時刻によって変動するが、平均値的な μ を代表させることができる。そこで(1)式と(3)式から、発生頻度と発生量の複合分布関数を求めるとつぎのようになる。

$$f(x) = \sum_{n=0}^N \binom{N}{n} p^n q^{N-n} \frac{\mu^n}{(n-1)!} e^{-\mu x} x^{n-1} \quad (4)$$

この式から、汚水発生量階級と汚水発生頻度の関係がとまり、例えば、一時間の平均的な流下汚水量を下水道の観測点で測定すれば、その値から上流側で何軒の家が汚水を発生させたか推定できることになり、また逆に対象排水区域の発生源母集団から、一日の時刻毎の発生汚水量が推定できて、污水管きよ、下水管きよ設計に利用できることになる。図-1に、 $N=100$ として、 $\mu=0.3$ $n=50, 60, 70$ の場合、 $\mu=0.5$ $n=60$ の場合の複合分布を求めた。なお詳細は講演時に発表する。

3. 下水道管きよ系統における汚水流出過程の考察

従来、下水道管きよ系統で晴天時汚水の流出は、定常流として取扱われてきたが、実際には汚水量は一日を周期としてかなりの流出変動を行なっている。とくに朝から昼への汚水量の急激な増加、また午後からの急激な減少がある場合、定常流として取扱うことが、2.で述べたように汚水発生機構を検討する上に不都合なことがわかる。筆者らが昨年、京都市内寺町系統下水排水区(約684ha、常人口約13500人、排水量約3000 $\text{m}^3/\text{日}$)で観測した結果を利用して次のような結論をえた。汚水流

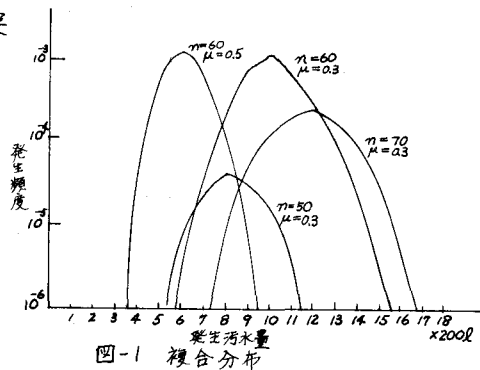


図-1 複合分布

出解析や、下水道の雨水流出解析に利用されてきた貯留関数式は、

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = I - O \quad (5)$$

$\frac{\Delta S}{\Delta t}$: Δt 時間内に下水管きよ内に貯留された汚水量変化。

I : Δt 時間内に流入した平均汚水量、 O : Δt 時間内に流出した平均汚水量、とこが貯留量の変化は近似的に次式でもとまる。

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta(lA)}{\Delta t} \approx \frac{\Delta(l \cdot b h)}{\Delta t} \approx l \cdot b \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (6)$$

l : 下水管延長、 A : 汚水量断面積、 h : 水深、 $b = A/h$ とすれば、(5)式は次のようになる。

$$I = \frac{\Delta S}{\Delta t} + O = l \cdot b \frac{\Delta h}{\Delta t} + O \quad (7)$$

寺町系統排水区では、口径230 mm ~1212 mm の下水管きよで構成され、総延長は14300 m であるが、(7)式の l を考える場合、常に汚水が流下して一定の水深を保っていると考えられる300 mm 以上の管延長をとるとすれば $l=9500\text{m}$ 。また合流式下水道であるこの排水区で流下汚水の水深が管口径の1割前後が多いので、近似的に水深 h と断面積 A の関係は $b = A/h = 0.41 D$ (D : 管口径) である。1967年9月23日に寺町系統排水区流末点で観測した結果と(7)式より計算した値を図-2に示す。 I と O との間に差が大きき貯留量変化 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ が無視できないことがわかる。このことから流下汚水量を測定する場合、従来の定常流の取扱いに問題があることが指摘される。

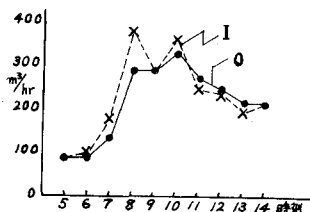


図-2 I と O の差

* 参考文献 末石・山田・松本 用途別給排水計画の研究(Ⅱ) 第19回全国水道研究発表会講演集